

1B12 超高速衝突時のCFRPからのイジェクタサイズ に与える飛翔体直径の影響

○西田政弘, 戸谷一貴 (名工大) 林浩一 (鳥羽商船高専) 東出真澄 (JAXA)

Effects of Projectile Diameter on Ejecta Size from CFRP due to Hypervelocity Impact
Masahiro Nishida, Kazuki Toya, Koichi Hayashi and Masumi Higashide

Key Words: Composite Materials, Environment, Hypervelocity Impact, Space Debris, Size Distribution

Abstract

The usage of CFRP plates in satellites has been increasing and several attempts have been reported concerning the size distribution of fragments from projectile and materials ejected from target when projectiles struck CFRP plates. However, the size distributions of fragments and ejecta have not yet been fully elucidated. We examined the effects of CFRP target thickness on the size distributions of ejecta. Quasi-isotropic CFRP plates $[+45^\circ/0^\circ/-45^\circ/90^\circ]_s$ (8 ply) was used as CFRP targets. Spherical projectiles made of aluminum alloy 2017-T4 with diameter of 1.6 mm to 7 mm were used. Impact experiments were carried out using a two-stage, light-gas gun at Nagoya Institute of Technology. The ejecta collected from front side and rear side of the target were examined.

1. はじめに

宇宙空間には、多くの人工衛星が稼働しており、気象の観測や電波の受信など日常生活に様々な恩恵をもたらしている。一方、役割を終えた人工衛星は宇宙空間に留まり続ける。2010年のESAによる国連・宇宙空間平和利用委員会での報告¹⁾では、地上から観測できる物体のうち59%が破砕破片、16%が放棄された衛星、12%が放棄されたロケット、7%が放出された部品で、残りの6%が運用中の衛星である。このように、宇宙空間に存在する物体の多くは宇宙ゴミ(スペースデブリ)である。さらに、それら宇宙ゴミの速度は高速であるため、人工衛星などの宇宙機などに超高速衝突²⁾し、その噴出物(イジェクタ)は新たな宇宙ゴミ(二次デブリ)となるため、宇宙ゴミは限りなく増えていく。イジェクタは微小なものが多いが、その速度は高速であるため、太陽電池³⁾やワイヤーハーネス⁴⁾などを破損させ、大きな被害をもたらす可能性がある。そのため、衝突時に発生するイジェクタについて詳しく調べる必要がある。本研究では炭素繊維強化プラスチック板(CFRP)に飛翔体を超高速で衝突させ、その時に発生するイジェクタの大きさを測定し、特に、飛翔体直径の影響を考察した。

2. 実験方法

本研究室所有の二段式軽ガス銃を用いて、超高速衝突実験を行った。ターゲットには積層構成が $[+45^\circ/0^\circ/-45^\circ/90^\circ]_s$ (8ply, 厚さ1.2 mm)になるように積層したCFRP(東邦テナックス株式会社, IMS60/133)を用いた。これは一方向材を疑似等方に積層した板であり、サイズは150 mm × 100 mmである。これらのターゲットに、直径1.6 mmから7 mmの飛翔体(アルミニウム合金A2017-T4)を約3.5 km/sで衝突させた。図1に示すように、ターゲットから前方と後

方100 mmの位置にイジェクタの噴出領域を調べるための検証板(飛翔体を通り抜けるための直径25 mmの穴をあけた銅板 C1100P-1/4H, サイズ 200 mm × 200 mm × 2 mm)を設置した。また、ターゲットの前方と後方に噴出したイジェクタを分けて回収するためにターゲットの後方に容器を設置した。回収したイジェクタの大きさは、画像解析ソフト(ImageJ)を用いて測定した。イジェクタの寸法は、図2に示すように、長さを a 、幅を b 、厚さを c と定義⁵⁾した。

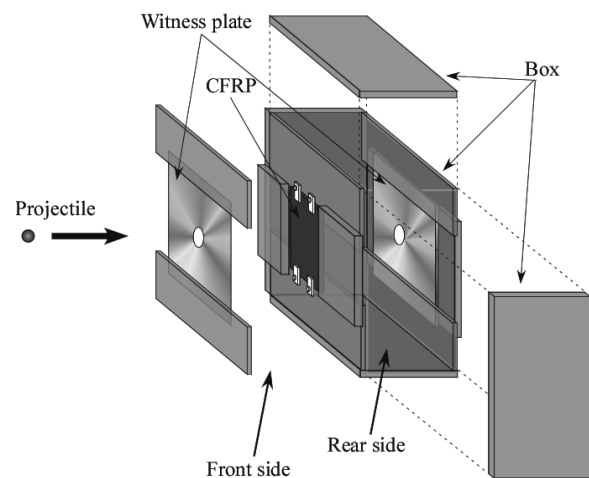


図1 実験装置

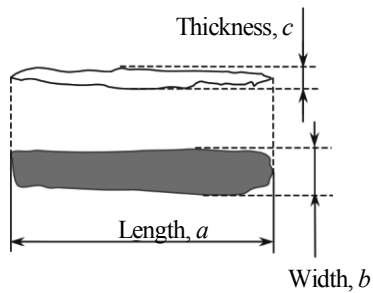
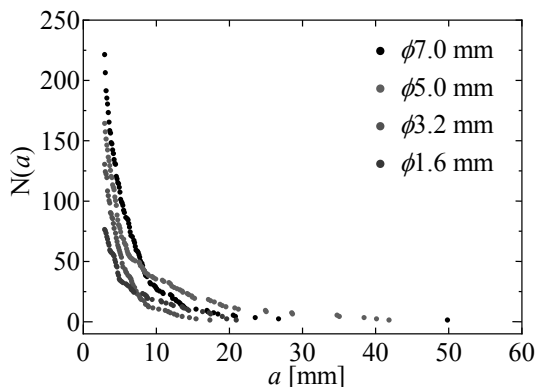


図2 イジェクタサイズの定義⁹⁾

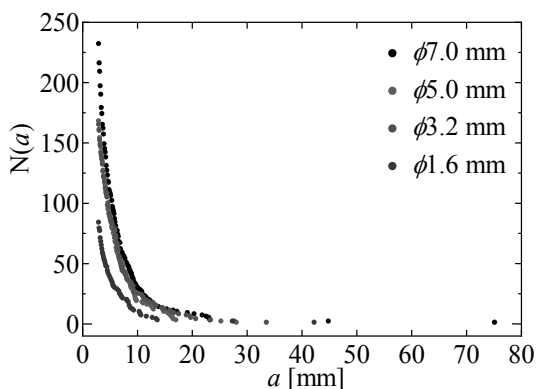
3. 実験結果

回収したイジェクタについて、それぞれの最大長さを累積個数分布で示した図を図3に示す。前方へのイジェクタは、衝突速度が増加するに従って、最大のイジェクタ長さは長くなり、それぞれの累積個数も増加していった。それに対し、後方へのイジェクタでは傾向が異なった。直径1.6 mmの飛翔体に対して、直径3.2 mmの飛翔体では累積個数が多かったが、それより大きな直径5 mm, 7 mmでは、飛翔体の直径が大きくなってもイジェクタの最大長さおよび累積個数はほぼ同じで、直径3.2 mm, 5 mm, 7 mmの分布は、ほぼ一つの曲線のように見える。

今後は、この要因を探るため、衝突後のターゲットを詳しく調べる必要がある。



(a) 前方へのイジェクタ



(b) 後方へのイジェクタ

図3 イジェクタ長さの累積個数分布 (直径1.6 mm/は3.47 km/s, 直径3.2 mm/は3.55 km/s, 直径5.0 mm/は3.44 km/s, 直径7.0 mm/は3.64 km/s)

4. まとめ

CFRPターゲットに、直径の異なる飛翔体を衝突速度約3.5 km/sで衝突させた。前方へのイジェクタは、飛翔体の直径が大きくなるにつれて、最大イジェクタ長さが大きくなり、累積個数も多くなった。しかし、後方へのイジェクタには、あまり明確な傾向が見られず、今後検討が必要である。

参考文献

- 1) 加藤明, 世界のデブリ対策の進展状況, Spaceguard Research Vo.3, pp.78-83(2011).
- 2) 森重和正, 矢野創, 木部勢至朗, M.J. Neish, S.P. Deshpande, 前川欣之, SFU衛星上の超高速衝突痕の三次元形状分析, 日本惑星科学会秋季講演会予稿集, pp.44(1997).
- 3) 川北史朗, 宇宙機設計標準 デブリ防護設計WGにおける衝突実験, 宇宙環境シンポジウム講演論文集, pp.131-134(2007).
- 4) 川北史朗, 仁田工美, 瀬上剛, 艸分宏昌, 高橋真人, 太陽電池パネルのデブリ衝突による電氣的影響, スペースプラズマ研究会, pp.120-123(2006).
- 5) 紛体工学の基礎編集委員会, 紛体工学の基礎, pp.31-35(1992).